

豁眼鹅种鹅产蛋曲线数学模型分析研究

于金成,于 宁,杨 姝,于倩倩,李 喆*

(辽宁省农业科学院,辽宁 沈阳 110161)

摘要:为探究豁眼鹅在辽宁地区群体饲养环境下的产蛋规律,本试验测定了 3 000 只豁眼鹅种鹅全期产蛋性能,分别采用伍德模型(Wood model)、分室模型(McMillan model)和杨宁模型拟合其产蛋率曲线,根据 R 值和赤池信息准则(AIC)选择最优模型。结果显示,曲线拟合模型 F 检验均差异显著,可用于豁眼鹅种鹅产蛋率拟合;产蛋率拟合杨宁模型 R 最高($R = 0.874$),分室模型次之($R = 0.855$),伍德模型拟合度最低($R = 0.424$),且 AIC 指数依次为杨宁模型 < 分室模型 < 伍德模型。本试验中豁眼鹅群体开产较实际晚,40% 以上产蛋率高峰持续时间较短。综上,杨宁模型适用于豁眼鹅种鹅产蛋率拟合,可评估和预测其产蛋规律,生产过程中要根据模型和产蛋曲线特征科学合理地进行饲养管理,以达到生产效益最优化。

关键词:产蛋率;豁眼鹅;曲线拟合;数学模型

[中图分类号] S835 [文献标识码] A [文章编号] 1004-6704(2023)03-0116-04

Analysis and Research on Mathematical Model of Laying Curve of Huoyan Breeding Goose

YU Jin-cheng, YU Ning, YANG Shu, YU Qian-qian, LI Zhe*

(Liaoning Academy of Agricultural Sciences, Shenyang, Liaoning 110161, China)

Abstract: This paper explores the egg laying rules of Huoyan geese under the group breeding environment in Liaoning area. In this experiment, the egg production performance of 3000 Huoyan goose breeding geese was measured, and the egg production rate curves were fitted by Wood model, McMillan model and Yang Ning model respectively. We selected the optimal model based on the R-value and the Akaike Information Criterion (AIC). The results showed that the curve fitting model F test was significantly different, which can be used to fit the laying rate of Huoyan goose breeding geese. The egg production rate fitted the Yangning model with the highest R ($R = 0.874$), followed by the compartmental model ($R = 0.855$), and the Wood model had the lowest fitting degree ($R = 0.424$), and the AIC index was Yangning model < compartmental model < Wood model. In this experiment, the Huoyan geese started laying later than the actual ones, and the peak duration of egg production rate above 40% was shorter. In summary, the Yang Ning model is suitable for fitting the egg production rate of Huoyan goose breeding geese, and can evaluate and predict its egg production regularity. During the production process, feeding management should be carried out scientifically and rationally according to the model and the characteristics of the laying curve, so as to achieve the optimization of production efficiency.

Key words: egg production rate; Huoyan goose; curve fitting; mathematical model

豁眼鹅是中国宝贵的地方家禽遗传资源,因眼有豁而得名,产蛋多而闻名,其豁眼性状还具有伴性遗传特点,是建立肉鹅配套系的首选母本,而且有直

接用于鹅蛋生产的巨大潜能。目前,有关豁眼鹅品种的生长、繁殖、羽绒等重要生产性基础数据有待整理、分析和挖掘。

产蛋性能是家禽最重要的经济性状之一,呈现一定的规律性。产蛋曲线数学模型表示产蛋率与时间的函数,可动态反映产蛋率随时间变化的规律,在鸡、鸭等禽类的科学研究和生产中有大量的应用。进行产蛋曲线数学模型分析,不但可以了解和掌握鹅群产蛋规律和鹅场饲养管理水平等,还可以根据模型预测鹅群的产蛋量,为准确评估产蛋量性状的

[收稿日期] 2022-10-13

[基金项目] 辽宁省民生科技计划联合计划(2021JH2/10200043)、辽宁省基金面上项目(2021-MS-048)、辽宁省科技特派行动专项计划(2021JH5/10400058)。

[作者简介] 于金成(1982-),男,河北吴桥人,博士,副研究员,主要从事家禽遗传育种研究。E-mail: yujincheng_pi@126.com。

*[通讯作者] 李喆(1979-),女,辽宁阜新人,硕士,研究员,主要从事家禽生产。E-mail: acj423@163.com。

育种提供依据。目前常用的产蛋率曲线拟合模型有伍德模型(Wood model)、分室模型(McMillan model)和杨宁模型。在模型比对、最佳模型评估中,通常采用赤池信息准则(AIC)用于平衡考量模型拟合度和复杂度,其在重视模型拟合度的同时,使模型不复杂,有助于降低过拟合的可能性。在多个模型比对中,AIC 越小,模型越优。本试验以豁眼鹅种鹅为研究对象,运用伍德模型、分室模型和杨宁模型对其产蛋率进行拟合,并运用模型比对功能对 3 种模型进行比对,筛选出适合豁眼鹅种鹅的最佳产蛋曲线数学模型,为优化种鹅养殖模式,提高种鹅生产性能和养殖场经济效益提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验动物

同一批次健康成年豁眼鹅 3 000 只,辽宁昌图金秋豁眼鹅原种场提供。

1.2 数据采集

统计豁眼鹅群体第 39~80 周连续 41 周的周产蛋率,以周产蛋率进行产蛋曲线数学模型拟合。饲养日产蛋率 = (产蛋数/存栏母鹅数) × 100%,连续 1 周饲养日产蛋率的平均值作为周产蛋率。

1.3 产蛋曲线数学模型

本研究分别采用伍德模型、分室模型和杨宁

模型对豁眼鹅群体的周产蛋率进行拟合,3 种拟合模型表达式如下。

$$\text{伍德模型: } y_t = at^b e^{-ct},$$

$$\text{分室模型: } y_t = a(1 - e^{-c(t-d)})e^{-bt},$$

$$\text{杨宁模型: } y_t = ae^{-bt}/(1 + e^{-c(t-d)}),$$

式中, t 为产蛋周龄, y_t 为第 t 周的产蛋率, a 、 b 、 c 和 d 为待定参数,其中分室模型和杨宁模型中, a 表示最大潜在产蛋率, b 表示产蛋率下降参数, c 表示产蛋率上升参数, d 表示开产周龄。

1.4 数据的统计分析

采用 Excel? 软件进行数据整理,使用 Origin 2020 软件的非线性曲线功能进行拟合,拟合效果用相关系数 R 进行评价。3 种模型拟合后用模型比对功能进行对比分析。

2 结果与分析

2.1 豁眼鹅周产蛋率曲线特征

由图 1 可知,豁眼鹅种鹅群体在 39~41 周龄产蛋率从 10% 左右急速上升;42 周龄时进入产蛋高峰期,高峰产蛋率维持在 40% 以上,持续时间为 10 周,其中,产蛋高峰在 48 周龄,产蛋率为 45.93%;豁眼鹅群体从 52 周龄时进入产蛋下降期,产蛋率维持在 37.28%~25.57%,持续时间为 20 周左右;72 周龄后,周产蛋率下降到 25% 以下。

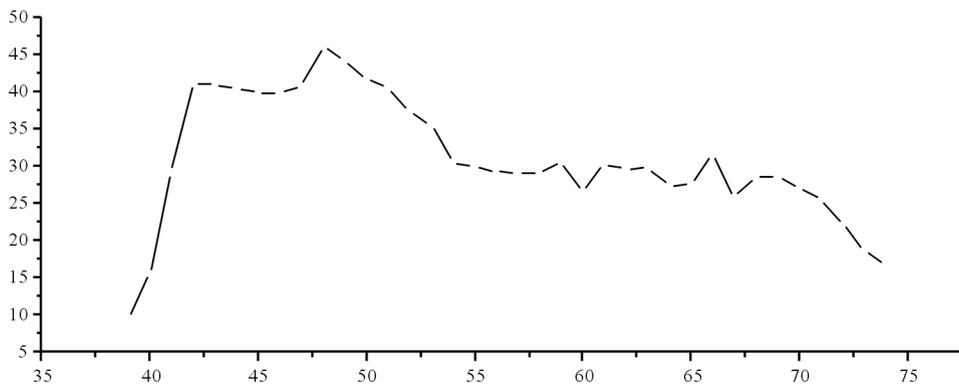


图 1 豁眼鹅种鹅周产蛋率的变化曲线

2.2 模型拟合效果分析和参数估计

伍德模型、分室模型和杨宁模型拟合结果的置信概率值 P 均为 0,拟合效果显著,表明豁眼鹅群体产蛋率的实际观测值可以用这 3 种函数来拟合。同时,伍德模型、分室模型和杨宁模型的 R 值分别为 0.424、0.855 和 0.874,其大小顺序为伍德模型 < 分室模型 < 杨宁模型,表明杨宁模型的拟合效果最优,分室模型次之,伍德模型最差。

3 种模型的参数估计值见表 1,将各个参数代入模型方程可得:

$$\text{伍德模型: } Y(t) = 0.00001 \times t^{5.241} \times e^{-0.107 \times t}.$$

$$\text{分室模型: } Y(t) = 141.609 \times (1 - e^{-0.414 \times (t-38.675)}) \times e^{-0.026t};$$

$$\text{杨宁模型: } Y(t) = (122.119 \times e^{-0.023t}) / (1 + e^{-1.082 \times (t-40.533)}).$$

伍德模型的最大潜在产蛋率 a 为 0.000 01%,显然与生产实际不符;杨宁模型拟合的最大潜在产蛋率 a 为 122.119%,分室模型的最大潜在产蛋率 a 为 141.609%,二者均超过 100%,看似与生产实际不符,但表明豁眼鹅群体的产蛋潜能还可以提高。

杨宁模型和分室模型的产蛋率下降参数 b 分别为 0.023 和 0.026,二者此参数比较接近。杨宁模型的产蛋率上升参数 c 为 1.082,明显高于分室模型 (0.414)。分室模型的开产周龄 d 为 38.675,相比于杨宁模型的 40.533 早 2 周左右,分室模型的开产周龄更符合生产实际。

表 1 3 种模型拟合效果分析和参数估计

模型	拟合效果分析				参数估计值	
	P	R	a	b	c	d
伍德模型	0	0.424	0.00001	5.241	0.107	
分室模型	0	0.855	141.609	0.026	0.414	38.675
杨宁模型	0	0.874	122.119	0.023	1.082	40.533

注:a:最大潜在产蛋率;b:产蛋率下降参数;c:产蛋率上升参数;d:开产周龄。

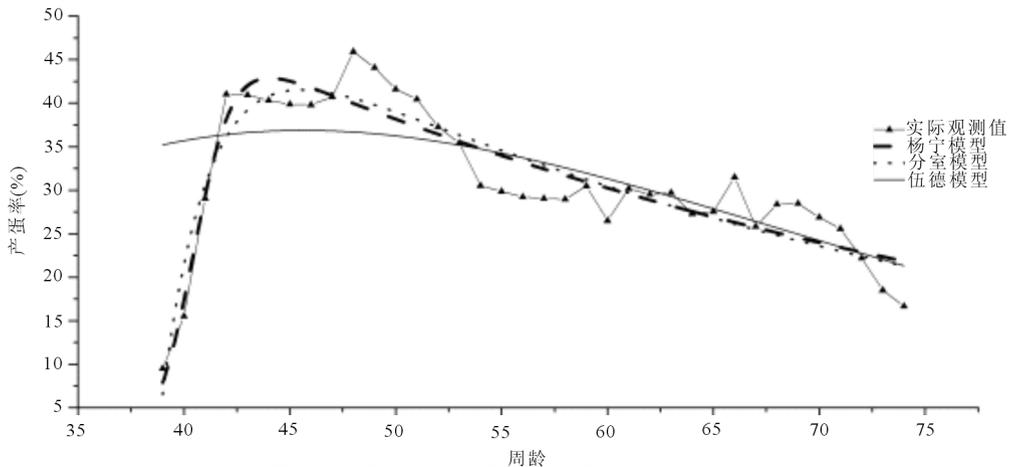


图 2 豁眼鹅实际产蛋率与不同模型拟合曲线

2.3 豁眼鹅产蛋曲线数学模型对比分析

通过对伍德、分室和杨宁等 3 种拟合模型进行对比分析,可以更好的量化评估 3 种模型的拟合效果。由表 2 可知,伍德模型与分室模型比对中 $F=85.117, P=4.167 \times 10^{-11}$,接近 0,分室模型 AIC 值为 95.028,赤池权重值为 1,伍德模型 AIC 值为 141.975,赤池权重值为 6.389×10^{-11} ;伍德模型与

通过比较豁眼鹅实际观测产蛋率曲线和 3 种模型拟合曲线(图 2)发现,杨宁模型在展现豁眼鹅群体产蛋率曲线方面是最佳的,鹅产蛋的实际观测值与其曲线最接近。分室模型虽不及杨宁模型,但差别不明显。伍德模型前期相对偏高,而且达不到高峰,但是后期相对较好。

杨宁模型比对中 $F=114.995, P=3.993 \times 10^{-12}$,杨宁模型 AIC 值为 89.797,赤池权重值为 1,伍德模型 AIC 值为 141.975,赤池权重值为 4.674×10^{-12} ;杨宁模型与分室模型比对中 F 检验失效,分室模型 AIC 值为 95.028,赤池权重值为 0.068,杨宁模型 AIC 值为 89.797,赤池权重值为 0.932。

表 2 3 种模型产蛋率拟合结果比对

模型比对	模型	F	P	赤池信息量准则值 (AIC 值)	赤池权重值
比对 1	伍德模型	95.117	4.167×10^{-11}	141.975	6.389×10^{-11}
	分室模型			95.028	1
比对 2	伍德模型	114.995	3.993×10^{-12}	141.975	4.674×10^{-12}
	杨宁模型			89.797	1
比对 3	杨宁模型	—	—	89.797	0.932
	分室模型	—	—	95.028	0.068

注:“—”表示 F 检验失效,未得到确定值

3 讨论

3.1 豁眼鹅产蛋曲线的特征分析

通常情况下,研究者以周龄为横坐标,以周产蛋

率作为纵坐标,线性连接各周产蛋率绘制成产蛋曲线。生产中,针对豁眼鹅群体的产蛋规律绘制产蛋曲线,进而详细解析豁眼鹅产蛋曲线的特征,对种鹅饲养人员开展科学管理工作大有裨益。本研究中豁

眼鹅群体的产蛋率急速上升期在 39~41 周龄,此阶段的重点工作是保障种鹅均衡营养的饲料供给,满足其基础代谢和产蛋需要,同时还要抽样称重,控制好种鹅的体重和群体均匀度,不可过肥,避免影响种鹅产蛋后期的生产性能。在 42~51 周龄时,豁眼鹅种鹅群体进入产蛋高峰期,持续 10 周,从营养角度,此时种鹅的营养需求量更大,代谢极其旺盛,不但要提供营养全价、品质好的饲料,条件允许可额外添加青绿多汁饲料,既满足种鹅旺盛的基础代谢,又补充其产蛋消耗,从而保证合格种蛋的数量和质量;另外,此时期也是种鹅最虚弱的时期,做好疾病防控工作也是重中之重。豁眼鹅产蛋高峰结束在 51 周龄后,特别是 52~71 周龄,经历长达 20 周的产蛋率平稳期,此时期为高峰后期,豁眼鹅产蛋率波动不大,该阶段虽然产蛋下降了,但种鹅的采食量却在增加,做好限制性饲喂,既可以防止种鹅过肥而影响产蛋,还可以降低饲料成本;随着周龄的增加,鹅蛋的重量也在逐渐变重,可适当增加饲料中钙和维生素 D 的添加。此外,豁眼鹅产蛋高峰期比较短,占到整个观察期的 25% 左右,而高峰后期却占到整个观察期的 50%,表明豁眼鹅群体的产蛋性能还有很大的提升空间,加强本品种的选育来增加高峰期的持续时间和缩短缓慢下降期的时间,从而实现豁眼鹅生产效率的提升。

3.2 豁眼鹅产蛋曲线模型拟合效果和模型比对分析

家禽生产中,雌禽群体的全期产蛋往往呈现一定的规律,即快速攀升的高峰前期、高峰期和高峰后期缓慢下降,有经验的养殖者可以借此及时发现并合理解决群体的产蛋问题,降低或者避免生产损失,从而保障禽类生产群体产蛋性能的平稳,提高养禽场生产效益。多年来,产蛋曲线拟合一直是探究特定禽类群体产蛋规律的主要方法,其数学模型表示产蛋率与时间的函数,可动态反应一个群体产蛋性能随时间的变化规律。通过拟合产蛋曲线,对一个蛋禽场或种禽场群体的产蛋规律和禽场饲养管理水平可以有较全面的掌握,从而更加有效地指导家禽的实际生产和繁育工作。本研究中采用伍德模型、分室模型和杨宁模型对豁眼鹅种鹅群体产蛋率进行了产蛋曲线拟合。通过比较这 3 个模型模拟结果,R 值(0.874)最高的是杨宁模型,AIC 值(89.797)最低的也是杨宁模型,且其估计参数(a、b、c、d 值)与豁眼鹅的实际产蛋性能接近程度最高,因而,杨宁模型是本研究中豁眼鹅群体种鹅产蛋率拟合最优的模型。

众多研究者采用伍德模型、分室模型和杨宁模

型在鸡、鸭的产蛋率曲线拟合模型比较研究中发现杨宁模型均具有最高的拟合度,这与本研究结果相同,提示杨宁模型可以作为种鹅养殖生产中最佳的产蛋曲线拟合模型,同时,表明该模型能够对鹅的产蛋规律进行一定的评估和预测。3 个模型中 a、b、c 和 d 等参数都具有生物学和生产意义,分别表示最大潜在产蛋率、产蛋率下降情况、产蛋率上升情况和开产周龄。杨宁模型的最大潜在产蛋率 a 为 122.119%,分室模型为 141.609%,二者都超过了 100%,看似与生产实际不符,但提示生产者可通过本品种产蛋性状的持续选育或者改善饲养管理等措施来提高豁眼鹅群体的产蛋率,进一步提高鹅的繁殖效率。杨宁模型的产蛋率上升参数 c 为 1.082,高于分室模型的 0.414,建议在充分保证种鹅对饲料、营养和环境等需要的前提下,最大限度的提高产蛋率上升参数。杨宁模型的开产周龄 d 为 40.533,比分室模型约晚 2 周,与鸡、鸭等研究结果一致,提示豁眼鹅群体存在更早开产的可能性。实际上,豁眼鹅群体的开产日龄确实比本观察鹅群要早,由于孵化生产的需要,采用控制营养摄入和光照的方式推迟了本试验鹅群体的开产时间。

4 结论

本试验首次研究了豁眼鹅群体的全期产蛋规律。杨宁模型最适于豁眼鹅种鹅产蛋率拟合,可用于生产现场中评估和预测其产蛋规律。

参考文献:

- [1] 于金成,李喆,于宁,等.基于 F_2 群体的豁眼鹅豁眼性状遗传分析[J].中国农业科学,2016,49(19):3845-3851.
- [2] WOOD P D P. Algebraic Model of the Lactation Curve in Cattle[J]. Nature, 1967, 216(5111): 164-165.
- [3] MCMILLAN I, FITZ-EARLE M, ROBSON D. Quantitative genetics of fertility. II. Lifetime egg production of *Drosophila melanogaster*-experimental[J]. Genetics, 1970, 65(2): 355-369.
- [4] YANG N, WU C, MCMILLAN I. New Mathematical Model of Poultry Egg Production[J]. Poultry Science, 1989, 68(4): 476-481.
- [5] TELEKEN J, GALV O A, ROBAZZA W. Comparing non-linear mathematical models to describe growth of different animals[J]. Acta Sci Anim Sci, 2017, 39(1): 73-81.
- [6] 曾丹,闫文亮, TURKMUT PS., 等.海兰 W-80 父母代种鸡产蛋曲线数学模型分析研究[J].中国畜牧杂志,2021,57(10):115-120.